

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09106514 A**(43) Date of publication of application: **22.04.97**

(51) Int. Cl.

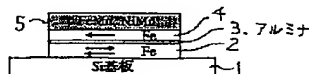
**G11B 5/39**  
**H01L 43/00**
(21) Application number: **07259938**(22) Date of filing: **06.10.95**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**
(72) Inventor: **UZUMAKI TAKUYA**  
**YAMAGISHI WATARU**  
**KOBAYASHI KAZUO**
**(54) FERROMAGNETIC TUNNEL ELEMENT AND ITS  
 PRODUCTION**

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a magnetic sensor having excellent characteristics showing large change in the resistance in a weak magnetic field with good production yield by forming a tunnel joint of a three-layer structure of ferromagnetic layer/ insulating layer/ferromagnetic layer and forming an antiferromagnetic layer on the outside of the one ferromagnetic layer of the tunnel joint.

**SOLUTION:** A Si substrate is laminated with a Fe film 2 as a ferromagnetic film, an alumina film 3 as a tunnel insulating film, a Fe film 4 as a ferromagnetic film, and a FeMn film or NiMn 5 as an antiferromagnetic film. Since FeMn grows as  $\gamma$ -FeMn on NiFe, it shows antiferromagnetism in an As-deposited state. On the other hand, NiMn is not antiferromagnetic in an As-deposited state but forms a regular grating by heat treatment and changes into an antiferromagnetic material. Therefore, the element having NiMn is heat treated in vacuum.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-106514

(43) 公開日 平成9年(1997)4月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H 0 1 L 43/00

H 0 1 L 43/00

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-259938

(22) 出願日 平成7年(1995)10月6日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 渦巻 拓也

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 山岸 互

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 小林 和雄

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井桁 貞一

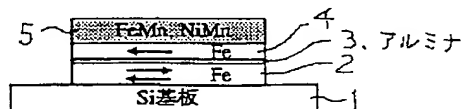
(54) 【発明の名称】 強磁性トンネル素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 強磁性トンネル素子の保磁力差を基板加熱法以外の方法で形成する、及び絶縁体から強磁性体への酸素の拡散を防ぐ。

【解決手段】 1) 強磁性体層/絶縁体層/強磁性体層の3層構造からなるトンネル接合を有し、該トンネル接合の一方の強磁性体層の外側に反強磁性体層を積層してなる、2) 前記強磁性体層を成膜中のガス圧を変化させることにより、両方の強磁性体の保磁力差を形成する、3) 前記強磁性体層を成膜中のガス圧及び成膜温度を変化させることにより、両方の強磁性体の保磁力差を形成する、4) 前記強磁性体層を成膜を磁場中にて行うことにより、両方の強磁性体の保磁力差を形成する、5) 強磁性体層/絶縁体層/強磁性体層の3層構造からなるトンネル接合を有し、該トンネル接合の絶縁体の少なくとも片側に金属層が挿入されてなる。

本発明の実施の形態の説明図(1)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 強磁性体層／絶縁体層／強磁性体層の3層構造からなるトンネル接合を有し、該トンネル接合の一方の強磁性体層の外側に反強磁性体層を積層してなることを特徴とする強磁性トンネル素子。

【請求項2】 前記反強磁性体層はFeMn、またはNiMnであることを特徴とする請求項1記載の強磁性トンネル素子。

【請求項3】 前記強磁性体層はFe、Co、Ni、あるいは、それらの合金であることを特徴とする請求項1記載の強磁性トンネル素子。

【請求項4】 前記強磁性トンネル接合に形成の際に、前記強磁性体層の成膜中のガス圧を変化させることにより、両方の強磁性体層の保磁力差を形成することを特徴とする強磁性トンネル素子の製造方法。

【請求項5】 前記強磁性トンネル接合に形成の際に、前記強磁性体層を成膜中のガス圧及び成膜温度を変化させることにより、両方の強磁性体層の保磁力差を形成することを特徴とする強磁性トンネル素子の製造方法。

【請求項6】 前記強磁性トンネル接合に形成の際に、前記強磁性体層の成膜を磁場中に行うことにより、両方の強磁性体層の保磁力差を形成することを特徴とする強磁性トンネル素子の製造方法。

【請求項7】 強磁性体層／絶縁体層／強磁性体層の3層構造からなるトンネル接合を有し、該トンネル接合の絶縁体層の少なくとも片側に金属層が挿入されてなることを特徴とする強磁性トンネル素子。

【請求項8】 前記強磁性体層はFe、Ni、Co、あるいはそれらの合金であることを特徴とする請求項7記載の強磁性トンネル素子。

【請求項9】 前記金属層の厚さは0.2nmから10nmの範囲であることを特徴とする請求項7記載の強磁性トンネル素子。

【請求項10】 前記金属層はAlであることを特徴とする請求項7記載の強磁性トンネル素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高密度磁気記録の読み取り用の磁気ヘッドに用いられる強磁性トンネル素子に関する。

【0002】高密度磁気記録を達成するために、現在読み取り用に、MR（磁気抵抗効果型）ヘッドが開発されているが、さらに記録密度が増加した場合のヘッドの開発が望まれている。これには、低磁場（10 Oe以下）において、大きな抵抗変化（感度）を示す材料が必要になる。このような要求を満たすための素子として、強磁性トンネル素子がある。これは、強磁性体／絶縁体／強磁性体の積層構造であり、外部磁場の大きさの変化によって、2つの強磁性体のスピンの反平行、平行に変化し、それにより、トンネルコンダクタンスが変化する

現象を利用した素子である。

【0003】(1): この素子を作製するためには、2つの強磁性体の保磁力差を形成する必要がある。本発明は、強磁性体の保磁力差を形成するための手段を提供する。

(2): また、この素子の問題点は、歩留まりが大変悪いことである。本発明は、歩留良くこの強磁性トンネル接合を作製するための手段を提供する。

【0004】以下の説明においては、上記の(1): 及び

10 (2): に対応して記述する。

【0005】

## 【従来の技術】

(1): 従来の技術として、成膜時の基板温度を変化することによって、保磁力差を形成している例がある。電子ビーム（EB）蒸着によって、Feを基板温度200℃で成膜し、絶縁層を成膜した後、最後に室温でFeを蒸着することで、保磁力差を形成するものである。

【0006】基板を加熱すると、結晶性が向上し、さらに結晶粒の大きさも変化することで、保磁力差が形成されと考えられる。

(2): 従来の技術として、強磁性体を成膜後、薄い金属膜を形成し、大気中の酸化などによりこの金属層を酸化して絶縁層を形成した後、最後に強磁性体を成膜することでトンネル接合を作製している。従来の接合の断面図を図7に示す。

【0007】図7は従来例の説明図である。図において、基板1上に強磁性体膜（Fe膜）2、絶縁体膜（アルミナ膜）3、強磁性体膜（Fe膜）4が順に積層されて強磁性トンネル接合が構成される。

30 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

(1): 強磁性トンネル接合において、2つの強磁性体の保磁力差を基板加熱法以外の方法で形成することが課題である。ここで、基板加熱法によると下部の強磁性体膜の表面が凹凸になり、その上に薄いトンネル絶縁膜を形成することが困難となるためである。

【0009】本発明は強磁性トンネル素子の2つの強磁性体の結晶性を制御し且つ両者の間の保磁力差を基板加熱法以外の方法で形成することを目的とする。

40 (2): 強磁性トンネル接合作製の歩留向上のために、絶縁体から強磁性体への酸素の拡散を防ぐことが課題である。

【0010】本発明は強磁性トンネル素子の製造歩留の向上を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題の解決は、

(1):

1) 強磁性体層／絶縁体層／強磁性体層の3層構造からなるトンネル接合を有し、該トンネル接合の一方の強磁性体層の外側に反強磁性体層を積層してなるトンネル

素子、あるいは

2) 前記反強磁性体層はFeMn、またはNiMnである前記1記載の強磁性トンネル素子、あるいは

3) 前記強磁性体層はFe、Co、Ni、あるいはそれらの合金である前記1記載の強磁性トンネル素子、あるいは

4) 前記強磁性トンネル接合に形成の際に、前記強磁性体層の成膜中のガス圧を変化させることにより、両方の強磁性体層の保磁力差を形成する強磁性トンネル素子の製造方法、あるいは

5) 前記強磁性トンネル接合に形成の際に、前記強磁性体層を成膜中のガス圧及び成膜温度を変化させることにより、両方の強磁性体層の保磁力差を形成する強磁性トンネル素子の製造方法、あるいは

6) 前記強磁性トンネル接合に形成の際に、前記強磁性体層の成膜を磁場中に行うことにより、両方の強磁性体層の保磁力差を形成する強磁性トンネル素子の製造方法、あるいは

(2):

7) 強磁性体層/絶縁体層/強磁性体層の3層構造からなるトンネル接合を有し、該トンネル接合の絶縁体の少なくとも片側に金属層が挿入されてなる強磁性トンネル素子、あるいは

8) 前記強磁性体層は、Fe、Ni、Co、あるいはそれらの合金である前記7記載の強磁性トンネル素子、あるいは

9) 前記金属層の厚さは0.2nmから10nmの範囲である前記7記載の強磁性トンネル素子、あるいは

10) 前記金属層はAlであることを特徴とする請求項7記載の強磁性トンネル素子により達成される。

【0012】本発明は以下の作用を利用している。

(1):

(A) 反強磁性体との接合によって、強磁性体のスピンの交換磁場によって固定される現象を利用すると、スピンの反平行、平行の明瞭なスイッチングが可能となる。

【0013】(B) 成膜中のガス圧を変化させると、結晶粒の大きさが変化し、それにより磁性体の保磁力差を形成することができる。さらに、基板温度を変化させることにより、結晶性も制御され、より大きな保磁力差が形成される。

【0014】この結果、低い磁場において、シャープな特性を示すトンネル接合素子が作製できる。

(2): 本発明は絶縁体から強磁性体への酸素の拡散を防止するために、その界面に金属層を形成する。この結果、強磁性トンネル接合の劣化の原因となる上記拡散を防止して歩留良くトンネル接合素子を作製できる。

【0015】

【発明の実施の形態】

(1): 図1～図5は本発明の実施の形態の説明図である。

【0016】実施の形態1

強磁性体に反強磁性体を積層することにより、強磁性体のスピンの固定されるかどうかを実験した。DCスパッタにより、Si基板1上に各々

Ta(50Å)/NiFe(40Å)/FeMn(80Å)、Ta(50Å)/NiFe(40Å)/NiMn(80Å)

の多層膜を作製した。FeMnはNiFe上で $\gamma$ -FeMnとして成長するために、As-depoの状態では反強磁性性を示す。それに対し、NiMnはAs-depoでは反強磁性体ではなく、熱処理によって規則格子を組み、反強磁性体に変化する。従って、NiMnの試料は真空中( $10^{-6}$ Torr以下)で260℃の熱処理を行った。それぞれの試料の磁気特性をVSM(Vibrating Sample Magnetometer)にて測定した。

【0017】その結果を図2、3に示す。M(磁気モーメント)-H(磁場)カーブは磁場ゼロからシフトしたループを示し、NiFeのスピンの外部磁場に対し、固定されていることがわかる。そのシフト量( $H_{\text{ua}}$ )はFeMnで300 Oe、NiMnで200 Oeであった。

【0018】従って、トンネル接合を作製する上で、一方の強磁性体のスピンを固定し、もう一方の強磁性体のスピンを自由に動くようにすることができ、スピンの平行、反平行を明瞭に行うことができることがわかった。実際のトンネル接合の構造を図1に示す。

【0019】図において、1はSi基板、2は強磁性体膜でFe膜、3はトンネル絶縁膜でアルミナ膜、4は強磁性体膜でFe膜、5は反強磁性体膜でFeMn膜、またはNiMn膜である。

【0020】実施の形態2

保磁力と強磁性体微粒子径との関係は、過去に調べられており、微粒子径に対し、保磁力はピークを有することが知られている(磁性体ハンドブック等)。強磁性体層がFeの場合、ピーク位置での微粒子径は約100Åである。従って、強磁性体薄膜の結晶粒の大きさをガス圧で制御できるかどうかを実験した。RFスパッタによって、NiFe薄膜を作製した。その際、Arガス圧を5mTorr、20mTorrと変化した膜を作製し、それらの表面をAFM(Atomic Force Microscope)にて観察し、結晶粒の大きさを評価した。その結果、5mTorrで成膜した膜の結晶粒は約100Åであるのに対し、20mTorrで成膜した膜の結晶粒は約500Åであることがわかり、ガス圧の変化で結晶粒を制御できることを確認した。これにより、トンネル接合作製の際、成膜中のガス圧を変化させることで、保磁力差を形成できることが判明した。

【0021】実施の形態3

磁場中の蒸着によって、保磁力差を形成できるかどうかを実験した。成膜方法はEB蒸着を用いて、Feを1.5Å/secの成膜速度で磁場中(1kOe)で蒸着し

た。膜厚1500Åである。

【0022】膜をパターンニングした後、2端子による磁気抵抗を測定した。磁場は最大140 Oeである。磁気抵抗は、Feの異方性磁気抵抗によりピークが観測された。そのピーク位置は、保磁力に対応していると考えられる。

【0023】図4、5に磁場中で蒸着したFe薄膜の容易軸、困難軸方向の磁気抵抗曲線を示す。図で、縦軸は $\rho$  (抵抗率、任意単位)、横軸はH (磁場) で28 Oe/div である。

【0024】容易軸方向に磁場を印加した場合には、保磁力(Coersive Force)  $H_c$  が、 $H_c = 14$  Oeであるのに対し、困難軸方向に磁場を印加した場合には、 $H_c = 98$  Oeが得られ、大きな保磁力差が生じていることが判明した。これは、磁場を印加しないときと比較して、保磁力差が約4倍に増加したことになる。

【0025】(2):図6は本発明の他の実施の形態の説明図である。図6(A)は絶縁膜の上側に金属膜としてAl膜を挿入する例、図6(B)は絶縁膜の下側に金属膜としてAl膜を挿入する例、図6(C)は絶縁膜の両側に金属膜としてAl膜を挿入する例である。ここでは代表例として図6(A)のプロセスについて説明する。

【0026】第1層の強磁性体2は、電子ビーム(EB)蒸着を用いて、基板温度200℃でFeを5Å/secの成膜速度で磁場中(1kOe)で基板1上に蒸着する。この際の膜厚は1000Åである。パターンニングはメタルマスクを用いて行う。

【0027】その後、チャンバーから取り出し、直ちに、Alのスパッタ、及び酸化のために、高周波(RF)スパッタ装置に入れる。RFパワーは100W(4インチのターゲット)で、4.4Å/secのスパッタレートでArガス中にてAlを厚さ100Åスパッタする。

【0028】次いで、Arガスを引き切った後、チャン

バー内に酸素を導入する。酸素圧は100mTorrであり、酸化時間は60分である。この酸化によりAl膜はトンネル絶縁膜となるアルミナ( $Al_2O_3$ )膜3に変換される。トンネル絶縁膜3の厚さは10~20Åである。

【0029】酸化が終了した後、チャンバー内の酸素を引き、Arガス中にて再びAl膜(本発明の金属膜)6を4.4Åスパッタする。最後に、EB蒸着にて、Fe膜4を1000Å蒸着してトンネル接合を製作する。

【0030】これにより、酸化し易い2層の強磁性体10 (Fe)/絶縁体(酸化物)の界面が存在しない構造が実現する。この素子構造にて、トンネル接合の歩留まりが2倍に向上した。

【0031】

【発明の効果】本発明によれば、低い磁場において、大きな抵抗変化を示す優れた特性を持つ磁気センサーを歩留良く、作製することが可能である。これを利用して、高磁気記録媒体からの情報を読み取る磁気ヘッドを作製することができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の実施の形態の説明図(1)
- 【図2】 本発明の実施の形態の説明図(2)
- 【図3】 本発明の実施の形態の説明図(3)
- 【図4】 本発明の実施の形態の説明図(4)
- 【図5】 本発明の実施の形態の説明図(5)
- 【図6】 本発明の他の実施の形態の説明図
- 【図7】 従来例の説明図

【符号の説明】

- 1 Si基板
- 2 強磁性体膜でFe膜
- 30 3 トンネル絶縁膜でアルミナ膜
- 4 強磁性体膜でFe膜
- 5 反強磁性体でFeMn膜またはNiMn膜
- 6 金属膜でAl膜

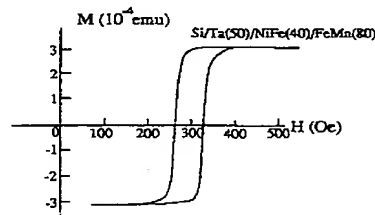
【図1】

本発明の実施の形態の説明図(1)



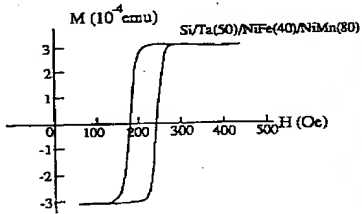
【図2】

本発明の実施の形態の説明図(2)



【図3】

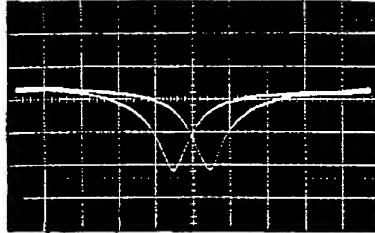
本発明の実施の形態の説明図(3)



【図4】

本発明の実施の形態の説明図(4)

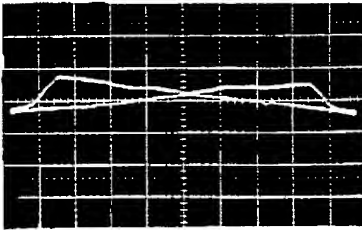
(磁場中蒸着したFeの容易軸方向の磁気抵抗)



【図5】

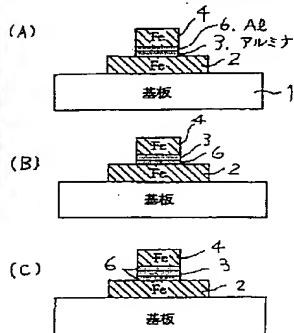
本発明の実施の形態の説明図(5)

(磁場中蒸着したFeの困難軸方向の磁気抵抗)



【図6】

本発明の他の実施の形態の説明図



【図7】

従来例の説明図

